



## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **2001088074 A**

(43) Date of publication of application: **03.04.01**

(51) Int. Cl.

**B25J 13/08**

(21) Application number: **11270876**

(22) Date of filing: 24.09.99

(71) Applicant: **YASKAWA ELECTRIC CORP**

(72) Inventor: YASUDA KENICHI  
MURAI SHINJI

**(54) CONTROL DEVICE OF ROBOT**

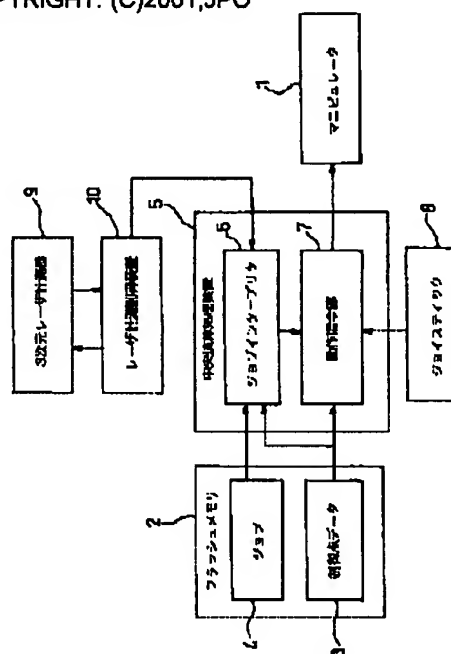
(57) Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a robot control device capable of measuring a distance even when the measuring of distance is impossible due to a presence of an barrier by allowing another robot to measure a distance so as to complement distance data.

**SOLUTION:** This robot control device having distance measuring means comprises means 9 and 10 for measuring a distance to a typical point with a coordinate already known by a robot B other than a robot A performing an intended operation, means 5 obtaining a transformation matrix from a reference coordinate system of a robot performing an operation to a reference coordinate system of another robot based on the measured results, means receiving the measured results of the distance to an operating point measured by another robot, means 6 calculating a distance from a reference coordinate system origin point of the robot performing the operation to the operating point based on the transformation matrix and the

distance values measured by another robot, and means 7 generating an operating command to a manipulator of the robot performing the operation.

COPYRIGHT: (C)2001,JPO



(11)特許出願公開番号  
特開2001-88074  
(P2001-88074A)

(43)公開日 平成13年4月3日(2001.4.3)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>  
B 2 5 J 13/08

識別記号

F I  
B 2 5 J 13/08

デーコート\* (参考)

**Z 3 F 0 5 9**

審査請求 未請求 請求項の数3 O.L (全 7 頁)

(21)出願番号 特願平11-270676

(22) 出願日 平成11年9月24日(1999.9.24)

(71)出願人 000006672

株式会社安川電機

福岡県北九州市八幡西区黒崎城石2番1号

(72) 發明者 安田 賢一

福岡県北九州市八幡西区黒崎城石2番1号

株式会社安川電機内

(72)発明者 村井 真二

福岡県北九州市八幡西区黒崎城石2番1号

株式会社安川電機内

(74) 代理人 100073874

弁理士 萩野 平 (外4名)

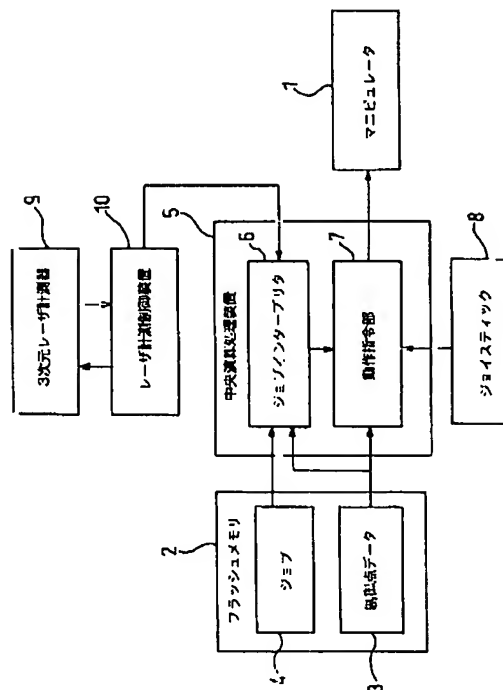
**最終頁に続く**

(54) 【発明の名称】 ロボットの制御装置

(57) 【要約】

【課題】 障害物等で距離計測が不可能な場合でも別のロボットが距離計測を行い距離データを補完して距離計測を可能にするロボットの制御装置を提供する。

【解決手段】 距離計測手段を備えたロボットの制御装置において、目的の作業を行うロボットAとは別のロボットBにとって座標が既知である代表点までの距離を測定する手段9、10と、その測定結果より作業を行うロボットの基準座標系から別のロボットの基準座標系への変換行列を求める手段5と、別のロボットが作業点までの距離を計測した結果を受け取る手段と、変換行列と別のロボットが行った距離計測値から作業を行うロボットの基準座標系原点から作業点までの距離を計算する手段6と、計算された距離データに基づいて、作業を行うロボットのマニピュレータへ動作指令を生成する手段7を備えている。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 距離計測手段を有し、作業を行うためのマニピュレータを備えたロボットの制御装置において、目的の作業を行うロボットとは別のロボットにとって座標が既知である代表点までの距離を測定する手段と、前記測定手段による測定結果により作業を行うロボットの基準座標系から前記別のロボットの基準座標系への変換行列を求める手段と、前記別のロボットが作業対象部位までの距離を計測した結果を受け取る手段と、前記変換行列と前記別のロボットが行った距離計測値から前記作業を行うロボットの基準座標系原点から作業対象部位までの距離を計算する手段と、前記計算された距離データに基づいて前記作業を行うロボットのマニピュレータへ動作指令を生成する手段とを備えたことを特徴とするロボットの制御装置。

【請求項2】 前記距離を測定する手段は、レーザまたは超音波などにより非接触で距離を測定する手段であることを特徴とする請求項1記載のロボットの制御装置。

【請求項3】 前記距離を測定する手段は、コンプライアンス制御を施したマニピュレータ先端で作業対象物に接触することで距離を測定することを特徴とする請求項1記載のロボットの制御装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、ロボットの制御装置に関するもので、特に、複数台のロボットで協調して作業対象物までの距離を計測しながら作業する手段に関する。

## 【0002】

【従来の技術】従来、ロボット自身が移動したり、ロボットと作業対象物の位置関係が未知である環境で、ロボットが作業を行う場合、作業対象物までの距離を計測し、その距離を基にマニピュレータが作業対象物に対して自動作業を行う。ここで、ケーブルなどの設備の補修を行う遠隔補修ロボットを例にとって説明する。図4にそうした遠隔補修ロボットシステムの全体構成図を示す。このロボットには作業を行うためのマニピュレータと数台の監視カメラを備えており、主制御装置でこれらの制御を行う。このロボットは移動車に備え付けられたブーム上に搭載されていて、移動車を運転することにより、所望の地点でブームを延ばして作業を行うもので、ブームは旋回、伸縮が可能である。この移動車には数台のTVモニターとジョイスティック、各種スイッチが取り付けられた操縦室がある。オペレータは操縦室にて監視カメラが捉えた映像をTVモニターで作業状況を見ながらジョイスティックで手動操作したり、予め教示しておいた動作を再現させたりすることで作業を進める。又、ロボットシステムにはレーザー3次元距離計測装置が装備されていて、ケーブル対象物までの距離を3次元的に測定することができ、その結果を基にアプローチや器具の

取り付け、取り外し等の自動作業が可能となっている。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、従来技術においては、作業対象部位が障害物などで見えない場合は、距離計測装置で計ることができずに作業対象部位での自動作業が難しい。ケーブル等の設備補修を行う遠隔補修ロボットでも、ケーブル固定部位の裏側などは見えないため距離計測ができない、監視カメラでも見えないので、憶測でマニピュレータを手動操作するか、補助作業員に指示してもらい作業を行っていた。そのため、オペレータの負担が大きく操作の時間が掛かるので作業効率が悪いという問題があった。この対策として、特開平5-285880に、高所での架空電線工事に図4に示したような移動車を2台用意して、1台は実際の架線作業車として、片方は監視誘導ロボットを搭載して共同作業を行うものが開示されているが、作業車側の死角を監視誘導ロボットの監視カメラで撮像した画像等を基に判断して、地上の操作員が操作器を操作してマニピュレータを動作させる構成なので、作業車単独の場合よりは死角は無くなっているものの、作業の自動化が図られて居るわけではなく、やはり、オペレータの負担が大きく操作の時間が掛かって作業効率が悪いという問題があった。そこで、本発明は、障害物などで距離計測装置による距離計測が不可能な場合でも、別のロボットが距離計測を行い、距離データを補完することで自動作業を可能とし、作業性を向上させるロボットの制御装置を提供することを目的としている。

## 【0004】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するため、本発明は、距離計測手段を有し、作業を行うためのマニピュレータを備えたロボットの制御装置において、目的の作業を行うロボットとは別のロボットにとって座標が既知である代表点までの距離を測定する手段と、前記測定手段による測定結果により作業を行うロボットの基準座標系から前記別のロボットの基準座標系への変換行列を求める手段と、前記別のロボットが作業対象部位までの距離を計測した結果を受け取る手段と、前記変換行列と前記別のロボットが行った距離計測値から前記作業を行うロボットの基準座標系原点から作業対象部位までの距離を計算する手段と、前記計算された距離データに基づいて前記作業を行うロボットのマニピュレータへ動作指令を生成する手段とを備えている。また、前記距離を測定する手段は、レーザまたは超音波などにより非接触で距離を測定する手段であることを特徴としている。また、前記距離を測定する手段は、コンプライアンス制御を施したマニピュレータ先端で作業対象物に接触することで距離を測定することを特徴としている。このロボットの制御装置によれば、作業対象部位に障害物があったり、対象物の裏側になっていたりする場合は、作業対象部位は監視カメラでは見えないので距離測定も不

可能であり、自動作業が不可能となるが、他のロボットとの情報交換が可能なロボット同志の作業支援システムとすることによって、作業対象部位が測定可能な位置に在るロボットからの情報を得て作業対象部位までの距離を測定し、自動作業を行うことができる。特に、移動型ロボットでお互いの位置関係が未知な場合でも、相手の代表点を測定するなどして変換行列を求め、相手の他のロボットからの距離測定情報から作業対象部位の距離を測定して自動作業を行うことが可能なので、特開平5-285880のように、作業車と監視誘導車という2台の機能の異なる移動車を組み合わせる必要は無く、普通の作業車同志で作業支援システムが組めるという汎用性がある。

#### 【0005】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態について図を参照して説明する。図1は本発明の実施の形態に係るロボットの制御装置の構成図である。図2は図1に示すロボットが行う距離計測作業の説明図である。図3は図2に示すロボットの座標系を示す図である。図1において、フラッシュメモリ2には、ツールや治具に応じた制御点データ3や、ロボットアーム（マニピュレータ）1の動作を行うコマンド記述された作業プログラム（ジョブ）4が記憶されている。中央演算処理装置（CPU）5では、作業プログラムを解釈・実行するジョブインタープリタ6や、計算された制御点データ3とジョイスティック8の操作量や、作業プログラムの中の移動コマンドに基づいてロボットへ動作指令を出力する動作司令部7を備え、後述するような、他のロボットBの計測値を基に作業点までの距離を算出する等により、見えない位置にある作業点への動作指令も出力可能としている。又、作業点の3次元位置座標を計測する3次元レーザー計測器9と、その制御装置10を備えていて、その位置データがジョブインタープリタ6へ取り込まれる。又、この作業点の3次元位置を計測する手段としてはレーザー計測器9に限定されるものではなく、ステレオカメラや超音波等さまざまな手段が使用可能である。

【0006】つぎに動作について説明する。まず、フラッシュメモリ2に記憶された作業プログラムが呼び出されると、ジョブインタープリタ6によって解釈、実行される。作業プログラムの命令には移動命令や演算命令、ツール選択命令などが含まれ、これには後述する、他のロボットBによる計測データを基にロボットAの作業点までの距離を演算して出力される指令等も含まれる。3次元レーザー計測器9で計測された距離データはロボット座標系に対する値に変換され、ジョブインタープリタ6に取り込まれる。ここで所望の作業プログラムのコマンドに基づき、目標値を動作司令部7へ送る。動作司令部7では予め設定された速度に基づいて動作指令を生成する。本実施の形態は、作業対象部位が障害物等で距離

計測不能な場合の作業を、2台のロボットの組合わせによって、お互いの視覚や距離情報を交換することにより単独では不可能な作業を可能にするもので、それによって効率的に作業の遂行を図るものである。

【0007】具体的に、図2を参照して、ケーブルの端末a、bに対する作業例について説明する。ロボットAは2本のケーブルのうち手前のケーブル端末aについては、距離計測を行うことが可能である。しかし、もう一方のケーブル端末bについてはケーブル固定器20や手前のケーブルaが障害となって、距離計測を行うことができない。監視カメラでも捉えることが不可能である。この時反対側にいるロボットBが、ロボットAから見えない裏側のケーブル端末bまでの距離を計測すれば、ロボットAの作業を支援補助して、ロボットAは作業が可能となる。次に、ロボットAがケーブル端末bまでの距離を計算する手順を以下に説明する。ロボットAはロボットBまでの距離を測定することは可能であるから、先ず、ロボットBの代表点をロボットAの3次元レーザー距離計測装置22により測定する。図3に示すように、代表点P1、P2、P3はロボットBの既知の位置にある。この代表点はロボットBに固定された治具の点、あるいはロボットのマニピュレータ23の先端を用いる。ここで、P2はロボットBのロボット座標系Y軸方向を示し、P3はZ軸方向を示すようにP1、P2、P3が配置される。マニピュレータ23の先端を代表点とする場合は、ロボットBのマニピュレータ23を3回移動させることにより測定を行う。この3点の測定結果から、以下のようにロボットAに対するロボットBの位置と姿勢の行列（変換マトリクスX）を得ることができる。Y軸方向ベクトルは、式（1）のようになる。

#### 【数1】

$$\vec{y_b} = \frac{\vec{P1-P2}}{|\vec{P1P2}|} \quad \dots (式1)$$

Z軸方向ベクトルは、式（2）のようになる。

#### 【数2】

$$\vec{z_b} = \frac{\vec{P1-P3}}{|\vec{P1P3}|} \quad \dots (式2)$$

X軸方向ベクトルは、式（3）のようになる。

#### 【数3】

$$\vec{x_b} = \vec{y_b} \times \vec{z_b} \quad \dots (式3)$$

ロボットAから見たP1の座標を（x<sub>a</sub>、y<sub>a</sub>、z<sub>a</sub>）とすると、ロボットAからロボットBのP1を原点とする座標系への変換行列Tabは、式（4）のようになる。

#### 【数4】

$$Tab = \begin{bmatrix} \vec{x_b} & \vec{y_b} & \vec{z_b} & \begin{matrix} x_a \\ y_a \\ z_a \end{matrix} \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad \dots (式4)$$

また、ロボットBにとってロボット座標系原点からP1までの距離は既知であり、これを(xb、yb、zb)とすると、ロボットAのロボット座標系原点から見たロボットBのロボット座標系への変換行列Xabは、式(5)のようになる。

【数5】

$$X_{ab} = T_{ab} \cdot \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & x_b \\ 0 & 1 & 0 & y_b \\ 0 & 0 & 1 & z_b \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}^{-1} \quad \dots (式5)$$

この変換行列Xabは最初に一回求めればよく、ロボットAとロボットBの位置が変更されるまで計算をやり直す必要はない。

【0008】一旦、変換行列Xabが決まれば、ロボットBが測定した距離によってロボットAに対する距離が決まる。ロボットBが対象物を測定した結果を(dx、dy、dz)とすると、ロボットAが獲得したい対象物までの距離(x、y、z)は、式(6)のようになる。

【数6】

$$\vec{D}_a = X_{ab} \cdot \begin{bmatrix} dx \\ dy \\ dz \end{bmatrix} \quad \dots (式6)$$

ここで計算した(x、y、z)を用いることにより、ロボットAが測定不可能な作業対象部位での自動作業を行うことが可能となる。ロボットBが測定した結果をロボットAに送るなど、ロボットAとロボットB間の通信は、無線モデム21等によるシリアル通信やTCP/IPプロトコルを用いた通信を行うことで簡単にデータのやりとりが可能になり、ネットワーク処理ができる。ここでは、代表点としてロボットBの既知の3点で求めたが、より精度を上げたい場合は、それ以上のチェック点を測定することで測定精度を上げることができる。又、上述したように、ロボットBの3点以上の代表点の測定で姿勢を求めることができるが、GPSの情報を用いたり、ロボットに信号の発信源を取り付けておくことにより、ロボットの姿勢を求めることができる。

【0009】又、2台のロボットともレーザ距離計測装置22で対象物までの距離を計測しているが、ロボットマニピュレータを柔らかく制御するためのコンプライアンス制御(又は、インピーダンス制御)を施して、作業対象物にマニピュレータの先端を接触させることによって、距離を計測することも可能である。この時の距離

は、基準座標系からマニピュレータ先端の3次元位置(x、y、z)となり、これはマニピュレータの各関節角から容易に演算できる。このように、本実施の形態によれば、複数台のロボットにより、1台のロボットが障害物等により距離測定が不可能な場合でも、対象物までの距離を測定することが可能になる。特に、移動型ロボットでお互いの位置関係が未知な場合でも相手のロボットの代表点を測定するなどにより変換行列を求めることで、1台のロボットでは測定不可能な対象物の部位までの距離を測定できるので、お互いに情報を交換しながら複数のロボットで相互の支援システムを構成して、複雑な作業もより効率的に遂行できる。

【0010】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、複数台のロボットにより片方のロボットが障害物等により距離測定が不可能な場合でも、別のロボットからの距離測定データを利用することにより、対象物までの距離を測定することが可能となるので、憶測で手動操作したり、補助作業員に指示をして貰いながら作業するような必要がなく、自動作業が可能となったため、オペレータの負担が軽減され作業効率向上するという効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施の形態に係るロボットの制御装置の構成図である。

【図2】図1に示すロボットが行う距離計測作業の説明図である。

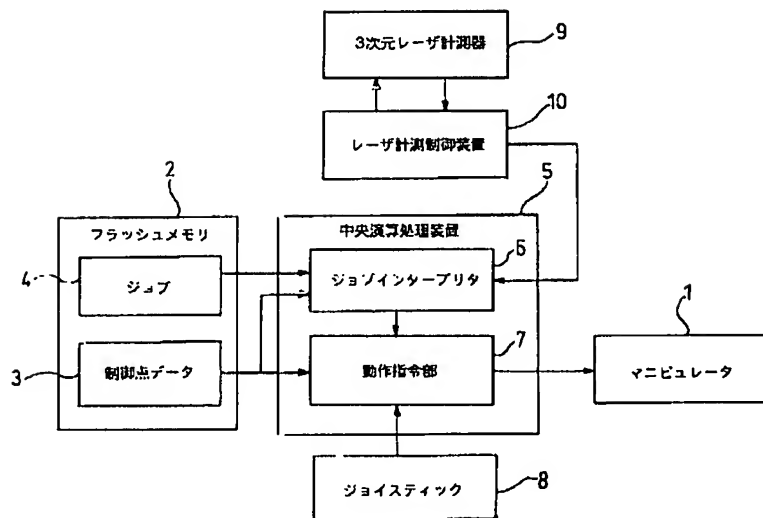
【図3】図2に示すロボットの座標系を示す図である。

【図4】従来のロボットの全体構成図である。

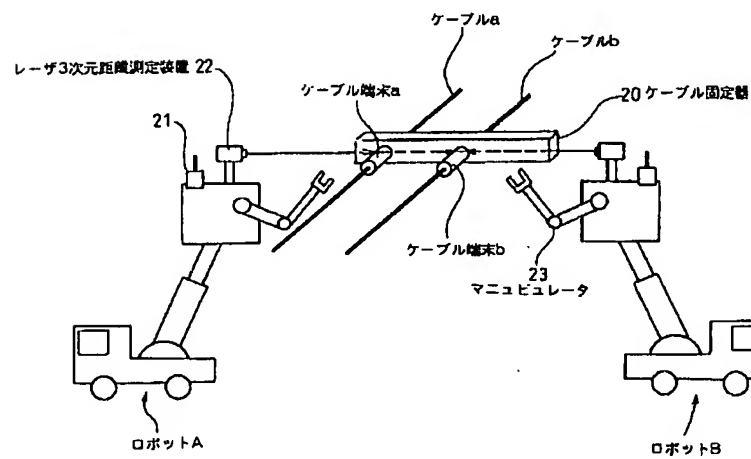
【符号の説明】

- 1 マニピュレータ
- 2 フラッシュメモリ
- 3 制御点データ
- 4 ジョブ
- 5 中央演算処理装置
- 6 ジョブインタープリタ
- 7 動作司令部
- 8 ジョイスティック
- 9 3次元レーザ計測器
- 10 レーザ計測制御装置
- 20 ケーブル固定器
- 21 無線モデム
- 22 レーザ3次元距離測定装置

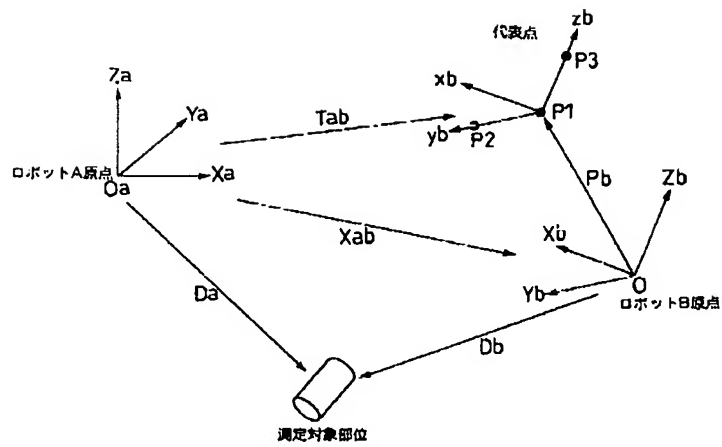
【図1】



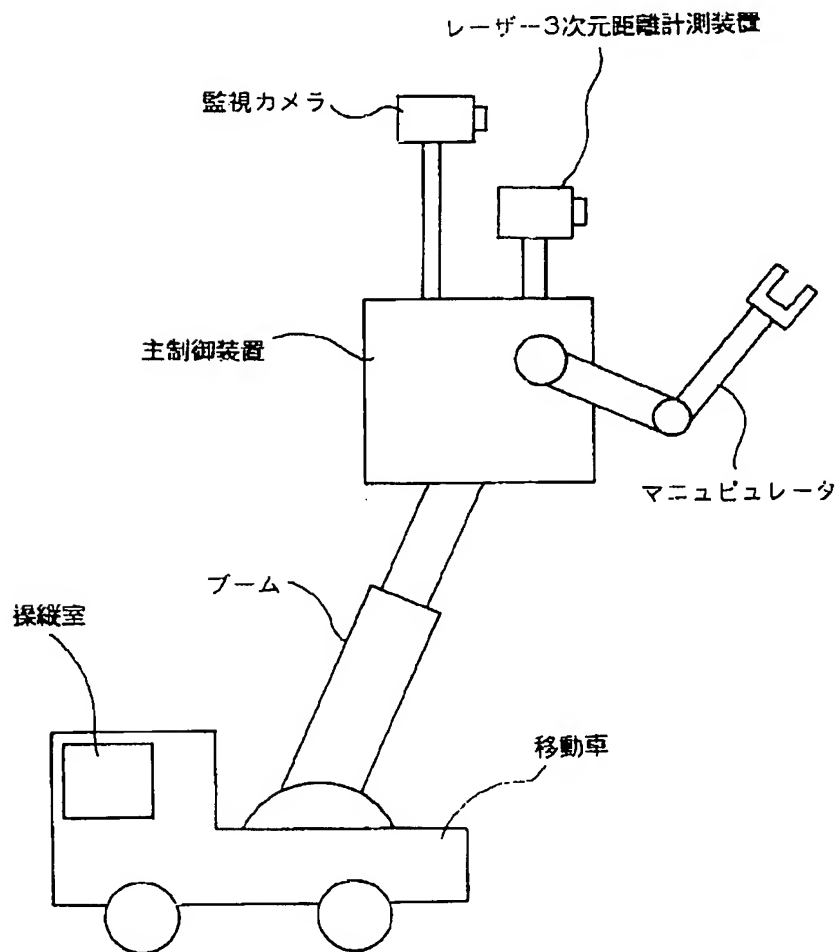
【図2】



【図3】



【図4】



フロントページの続き

Fターム(参考) 3F059 AA15 BA02 BA10 BB07 BC01  
DA02 DA08 DB01 DB03 DC01  
DC08 DD11 DD18 FC01 FC07  
FC13